

Introducción

El sistema litoral playa-duna de Cala Tirant se localiza en la parte central de la vertiente norte de la isla de Menorca. Este se sitúa entre los promontorios del cap de Fornells en su parte oriental y el cap de Cavalleria en la parte occidental (Fig. 1). El entrante de mar que constituye la cala tiene una disposición alargada de 750 m de ancho y 1,2 km de entrada de mar hacia tierra, con una orientación de norte-sur.

La superficie total que actualmente ocupan las acumulaciones eólicas es de aproximadamente 1,58 km². La playa, en su parte oriental, presenta un pequeño relieve estructural que independiza un área conocida como la playa des Reclau. En el lateral occidental del sistema este cierra una albufera de una extensión aproximada de 64 ha que, de forma periódica y en situaciones de crecida del nivel de sus aguas, rompe la continuidad del primer cordón dunar y de la playa. Finalmente, como aspecto general de este sistema, cabe citar su apertura y exposición a los vientos de Tramuntana, hecho que le infiere un elevado grado de dinamismo eólico, al mismo tiempo que la configuración topográfica de la cala potencia localmente más la energía de este meteoro, ya que actúa como un auténtico embudo canalizador (Servera, 1997).

Marco estructural de la zona

Respecto del marco estructural donde se ubica el sistema playa-duna de Cala Tirant, los extremos de los salientes que delimitan la cala los constituyen los retazos calcáreos más occidentales de la franja mesozoica norte-sur que ocupa la parte central de la región de Tramuntana de Menorca; no obstante, el campo dunar ya se extiende sobre materiales del Paleozoico.

La zona, en general, igual que toda la región de Tramuntana, se encuentra muy tectonizada, de manera que se estructura a partir de una serie de fallas y cabalgamientos en direcciones SE-NW y E-W, unas con un rango más importante que las otras dentro del contexto estructural general de la isla. Centrando el tema en la zona que ocupa el sistema, los materiales que afloran pertenecen a una serie turbidítica devónica formada por

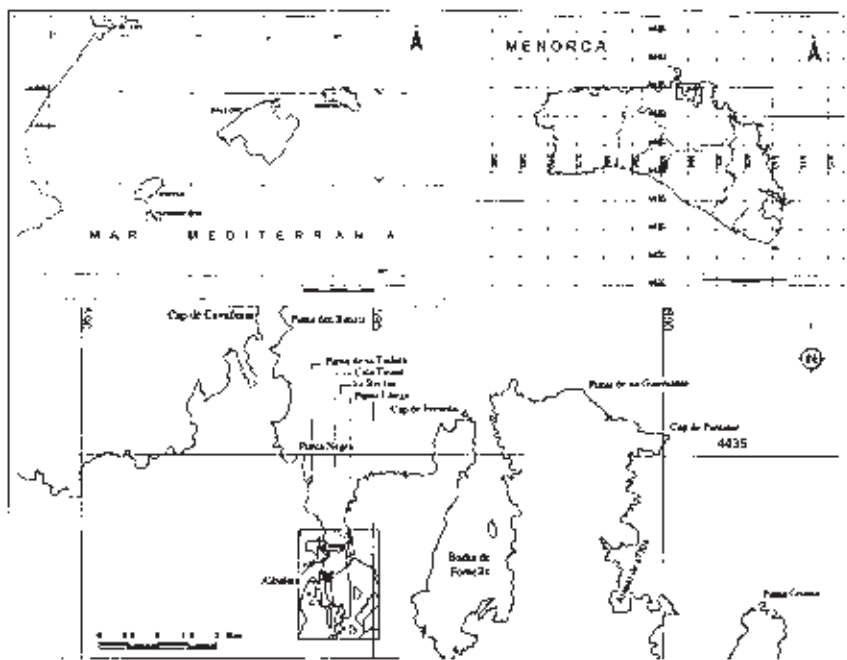


Figura 1
Localización del sistema playa-duna de cala Tirant (Menorca).

una superposición de capas de pizarras y areniscas cuya potencia, tanto de unas como de las otras, puede variar considerablemente. Finalmente cabe recordar que repartidos por toda la zona se encuentran parches de dunas fósiles cuaternarias, donde destacan por su continuidad los depósitos de la costa oriental de la cala (Fig. 2).

Marco climático

Las principales características climáticas de la zona de Cala Tirant se pueden observar en el climograma y la serie datos complementarios que lo acompañan (Fig. 3). El comportamiento anual de las variables temperatura y precipitación, nos definen para la zona un período de aridez de tres meses y medio, que va desde mediados del mes de mayo a finales de agosto. No obstante, la clasificación climática según Emberger, da para esta área un tipo de clima cálido-subhúmedo, en el cual queda reflejada la aridez de la zona con una evapotranspiración potencial anual en torno de los 820 mm, y la relativa baja precipitación media anual de 630 mm.

La caracterización del comportamiento del viento en este litoral y

basándose en la información recogida en el faro del cap de Cavalleria, presenta la componente norte como la más regular anualmente y como la que tiene mayor frecuencia los días que sopla viento superior a 12 km/h. Así pues, los datos analizados de este faro muestran que, los días que sopla viento que supera la velocidad crítica de movilización de arena, las componentes del sector NW-NE representan más del 74 %, donde el 49 % corresponde a la componente N. En el cómputo anual y para cada una del resto de componentes, estas no superan el 4% de los días de viento que asuma la energía necesaria para la movilización de sedimento, a excepción de la componente W que tiene una representación de un 14 % que se incrementa a un 23 % durante el invierno.

La ribera

La parte sumergida del sistema playa-duna que nos ocupa, se

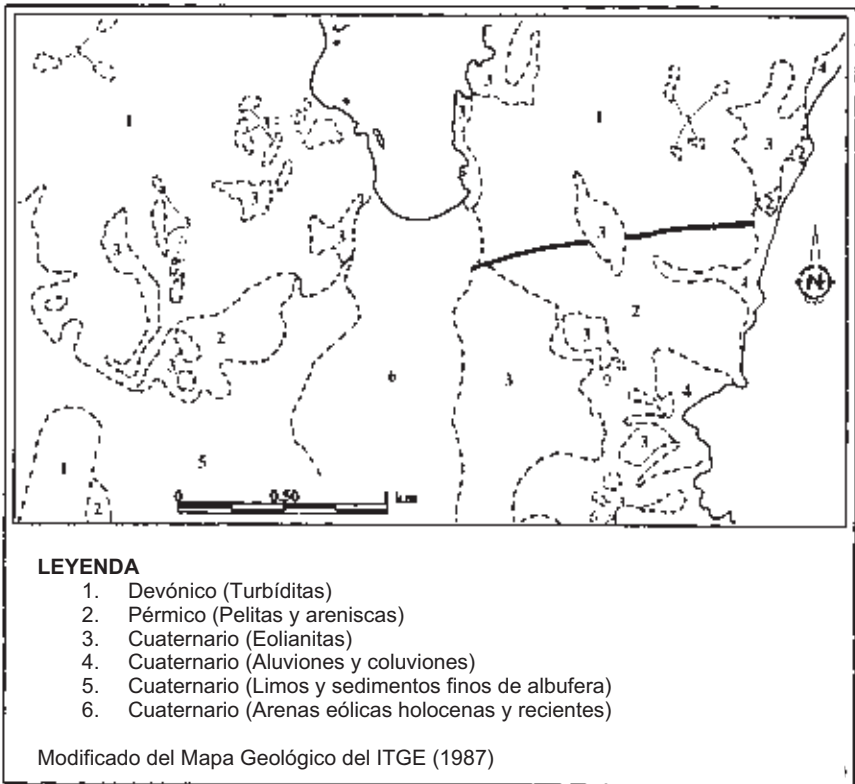


Figura 2
Marco geológico de Cala Tirant (Menorca)

apoya en una plataforma continental que se extiende unos 14 km desde la línea de costa hasta la isóbata 200 m con una pendiente media del 1,39 %. Respecto a la isóbata de -40 m, esta la encontramos a una distancia de 3,6 km. de la costa, dando lugar a una llanura sumergida con una pendiente media de 1,09 %, y un perfil batimétrico muy homogéneo. La zona inmediatamente sumergida, delimitada por la isóbata de -5 m. que encontramos a una distancia de 396 m de la línea de costa, constituye una zona que presenta una pendiente media de 1,28 %. Como consideración general de esta parte sumergida del sistema y desde un punto de vista de la batimetría, cabe valorarla como una área de características favorables a los procesos de acumulación de sedimento y de disipación de la energía de los oleajes.

La playa subaérea y el primer cordón dunar (*foredunes*)

La playa de Cala Tirant ocupa una línea de costa de 350 m de largo. Aunque la playa constituye un ambiente de permanentes cambios en función de que su perfil sea disipativo o reflectivo, para tener un orden de magnitud podemos apuntar una superficie aproximada de 16.256 m²

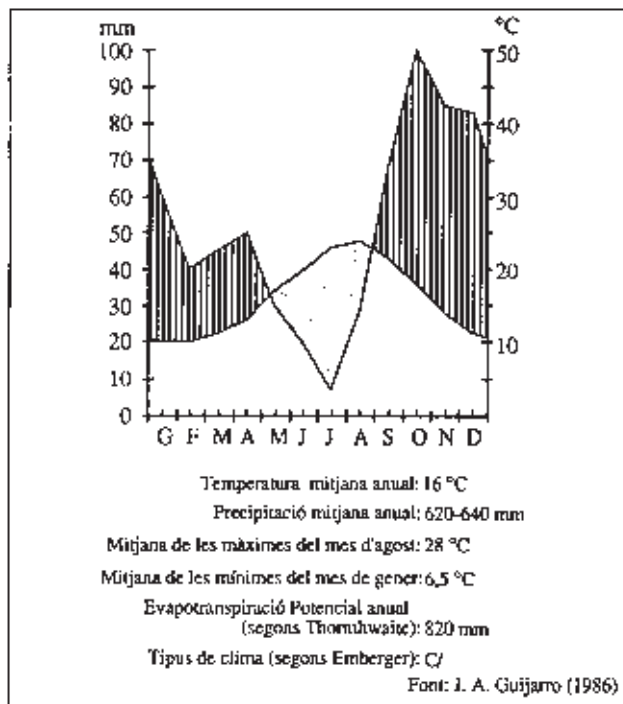


Figura 3
 Climograma corresponent a Cala Tirant (Menorca)

y una anchura que oscila entre los 20 m en su parte más oriental y más de 40 m en la parte occidental, donde rompe esporádicamente la zona de albufera (Fig. 4). El pequeño sector oriental de la playa des Reclau, presenta una línea de costa de unos 90 m de largo, una anchura de 20 m y una superficie de 1.533 m². Estos dos sectores de playa quedan separados por un pequeño acantilado de entre 10 y 15 m de altura, esculpido sobre materiales estructurales devónicos. Ambos flancos de la cala también presentan acantilados de diferentes alturas, que en el lado oriental rápidamente pasa a una tipología de costa en escalón, modelada sobre depósitos de eolianitas cuaternarias que fosilizan los materiales estructurales.

Cada uno de los dos sectores de playa descritos, presenta en su parte superior sus correspondientes acumulaciones dunares, *foredunes*. En la playa des Reclau estas formaciones ocupan una superficie de 1.533 m² y se organizan en dos sectores como consecuencia de la división que provoca la presencia de un corredor central de deflación. Un primer sector, que ocupa la mitad occidental de la playa, está bien estructurado y colonizado por *Ammophila arenaria*, mientras que el segundo sector en la parte oriental está más desestabilizado y con una posición un tanto más retrasada respecto del primero.

En la playa de Cala Tirant estas primeras formas de acumulación eólica se encuentran divididas en dos sectores por la rotura que provoca la desembocadura de la zona de albufera. En la parte oriental, las *foredunes* ocupan una mayor superficie, 19.728 m², con una anchura del cordón que puede oscilar entre los 50 y 100 m y potencias de hasta 7 m de altura. No obstante, y desde un punto de vista dinámico y morfológico, este sector actualmente se encuentra muy desestabilizado por la presión antrópica a la que está continuamente sometido. Estas formas dunares, bien colonizadas por *Ammophila arenaria*, presentan un gran número de formaciones de tipo *trough blowouts* y en menor medida de *saucer blowouts*. Además de estas formas erosivas tipo *blowout*, en su frontal, en contacto con la playa y provocado básicamente por la maquinaria de limpieza, el cordón dunar presenta un importante talud de erosión que contribuye a su progresivo retroceso y degradación (Fig. 5).

En el lado occidental de la desembocadura de la albufera, las *foredunes* se encuentran en una posición más retrasada que el resto de la playa. Este sector de menor superficie que el anterior, con 5.175 m², tiene unas formas mucho más bajas, organizadas en dos cordones separados y paralelos, uno detrás del otro. Esta peculiar situación, está relacionada con el hecho de estar afectado por el drenaje de la albufera, de manera que en

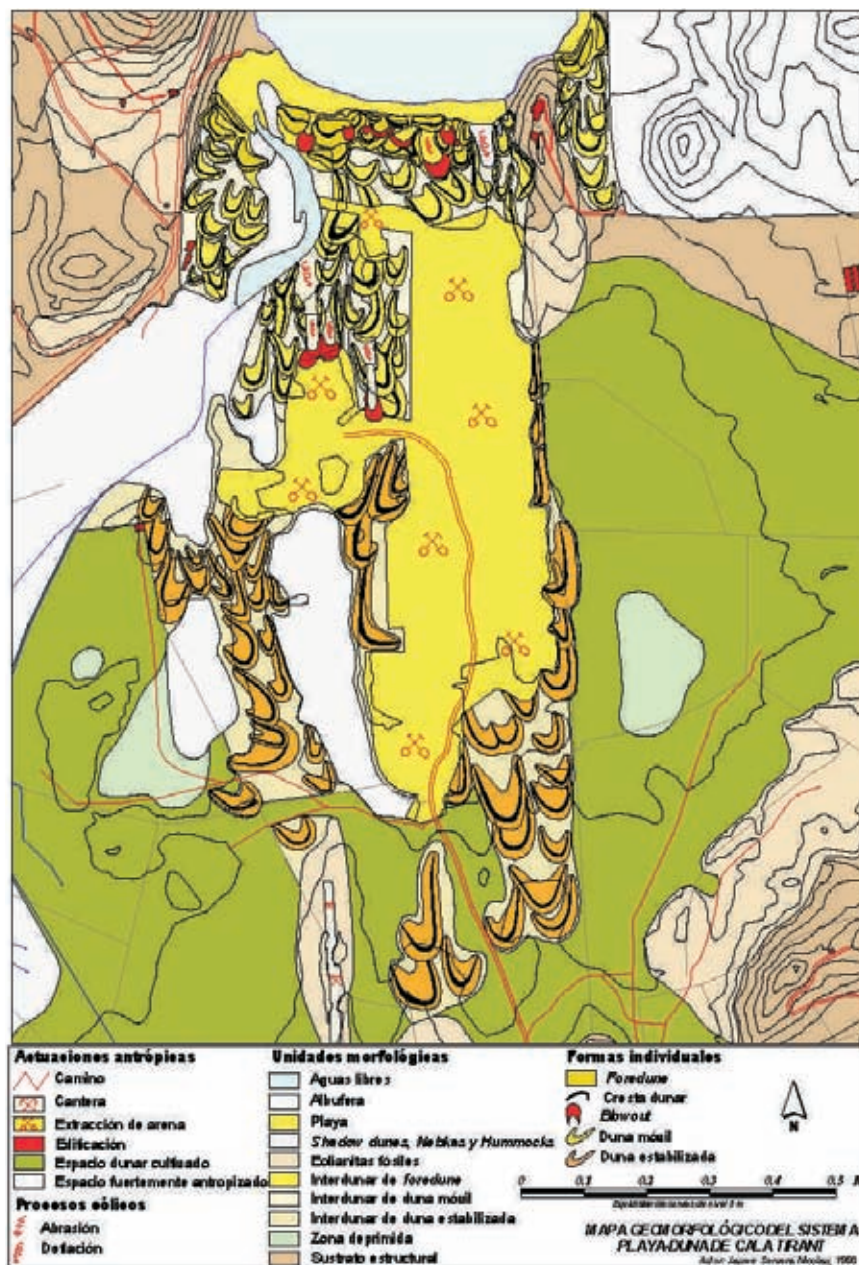
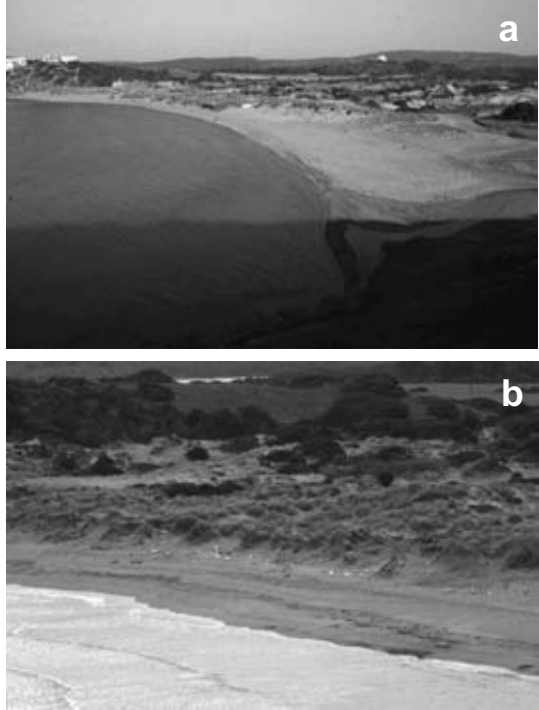


Figura 4
Mapa geomorfológico del sistema playa-duna de Cala Tirant

Figura 5

(a) Sistema playa-duna de Cala Tirant. En primer plano se observa la salida de las aguas de la zona de albufera.
 (b) detalle del sector central de *foredunes*.



determinados episodios de crecida torrencial, la restinga se ve modificada por las aguas continentales que salen al mar. Todo ello determina que el cordón interior esté mucho más estabilizado que el exterior, que constantemente se ve destruido y vuelto a reconstruir. De forma más local y puntual, en un lado y otro de la obertura de la albufera entre la zona húmeda y las propias *foredunes*, encontramos pequeños sectores donde en los períodos de nivel bajo de las aguas se forman dunas embrionarias y efímeras tipo *shadow dunes* y/o *nebkhas*.

A modo de resumen, para establecer cual es la situación general de las *foredunes* del sistema playa-duna de Cala Tirant, desde un punto de vista dinámico y estructural, cabe presentar una serie de observaciones:

- a) En el conjunto del sistema estas dunas presentan tres sectores separados, los cuales internamente tienen pocas discontinuidades espaciales.
- b) En el sector central de la playa de Tirant se observa una importante desestabilización provocada básicamente por la intervención del hombre. Presión antrópica que se ejerce tanto desde el mismo uso,

gestión y explotación de la playa, como de la extracción de áridos que en un tiempo se realizó en el interior de campo de dunas.

- c) Como resultado de la desestabilización del sector central, este presenta considerables formaciones erosivas tipo *trough blowouts* y *saucer blowouts* que, al ser más rápida la presión antrópica que los procesos naturales, no consiguen cicatrizar y cerrar los canales de erosión.

El campo dunar

Zona de dunas móviles y semiestabilizadas

Entendemos como zona de dunas móviles y semiestabilizadas una franja de diversa amplitud, situada por detrás de las *foredunes* y donde se puede apreciar con más o menos intensidad los resultados del transporte de sedimento por rodadura o saltación. En este sistema, cabe separar las dunas móviles y semiestabilizadas en tres sectores como en el caso de las *foredunes*. El primero corresponde a la parte más interior de la playa des Reclau, las dunas ocupan una superficie de aproximadamente 1,4 ha y se extiende hacia el interior una distancia de 250 m desde la línea de costa. El segundo sector, por detrás de la playa de Tirant y en la parte oriental de la albufera, ocupa una superficie de en torno a 13,1 ha, penetrando hacia el interior una distancia de 450 m desde la línea de costa. Finalmente, como tercer sector, tenemos un grupo de dunas en el lateral occidental, de la albufera, que ocupan una superficie aproximada de 2,1 ha y llegan hacia el interior a una distancia de 350 m desde la línea de costa.

En la década de los ochenta, el campo dunar del segundo sector, más concretamente en el lateral oriental de la albufera, sufrió una reducción de la superficie, a causa de importantes extracciones d'arena que se llevaron a cabo en este sistema. El proceso de urbanización reciente ha tenido una fuerte imprompta en las dunas que se desarrollan a partir de la playa des Reclau, que han reducido notablemente su superficie, casi bien hasta su desaparición.

Regresando al sector central, el más amplio del sistema, las dunas móviles y semiestabilizadas se reducen a una estrecha franja que transcurre inmediatamente por detrás de las *foredunes* y a un área aislada localizada en la albufera; el resto han sido aniquiladas a consecuencia de la extracción de arena anteriormente comentada. La situación de desestabilización actual de este sector, ha dado lugar a puntos de una intensa reactivación de los procesos eólicos.

Este hecho se ha traducido en la apertura de importantes canales de deflación tipo *trough blowouts* con sus lóbulos que progradan hacia el interior (Fig. 6).

Como características morfológicas generales, comunes a todos los sectores de dunas móviles y semiestabilizadas de este sistema, tenemos que las dunas son parabólicas y a nivel de organizaciones más complejas predominan las superposiciones, *superimposed*. Mayoritariamente las formas simples, que hoy aún quedan, mantienen una dirección de sus ejes centrales entre los 123° y los 236° , aunque el 31 % de estas presenten netamente una dirección hacia el S. La dimensión de estas acumulaciones eólicas en planta es, como media, 1.159 m^2 . La relación que existe entre la longitud y anchura de sus brazos se enmarca entre 0,5 y 3m, lo que permite clasificarlas como parabólicas de formahemicíclica *-hemicyclic-* y lobular *-lobate-*, siguiendo la tipología de E. D. McKee (1979). No obstante, más del 69 % de estas dunas, por su mayor grado de elongación, corresponden al grupo de las *lobate*. Individualmente las parábolas simples muestran el típico perfil con caras de barlovento *-stoss-* con una pendiente suave y caras de sotavento *-lee-* con pendientes de reposo más destacadas. Las potencias son muy variadas, aunque las podemos encontrar entre los 3 y 10 m de altura en la parte central de la cresta. En el interior de los cuerpos dunares hay una total ausencia de litificación del sedimento y de estratificación aparente.

Finalmente, para valorar el estado en que se encuentran estas dunas móviles y semiestabilizadas del sistema playa-duna de Cala Tirant, desde un punto de vista dinámico y estructural, cabe destacar una serie de observaciones. a) En la desestructuración, sobretudo del sector central, además de la propia extracción, también hay que tener muy presente el

Figura 6

La desestabilización del sector de dunas móviles y semiestabilizadas ha provocado importantes reactivaciones de lóbulos que progradan. Extracción de arena del sistema playa-duna de Cala Tirant.





Figura 7
Extracción de arena
(activa en el año 1988)
en el zona estabilizada
del sistema playa-duna
de Cala Tirant.

para el primer cordón de las *foredunes*. b) La desestabilización de las dunas que hoy quedan en el sector, muestra muchos puntos de reactivación con procesos muy intensos de deflación. Esta situación pone en un alto riesgo a corto plazo la conservación del campo de dunas, al mismo tiempo que a medio plazo puede provocar la desaparición progresiva del conjunto del sistema litoral.

Zona de dunas estabilizadas

La zona de dunas estabilizadas ha sido también muy afectada por las extracciones de arena que han reducido en más de un 50 % la superficie que ocupaban (Fig. 7). No obstante, la mayor pérdida de superficie de dunas ha sido debida a la roturación agrícola de sus márgenes exteriores. Actualmente quedan restos de estas dunas distribuidos por los márgenes de la extracción o bien en alguna agrupación aislada por las zona cultivadas. Las formas dunares aún presentes, tienen una superficie media en planta de 2.176 m^2 , la orientación de sus ejes y el grado de elongación que presentan son muy similares a los expuestos para la zona más móvil.

Debido a su mayor alejamiento de la zona de alimentación y a la prácticamente inexistente deflación y transporte de sedimento, consecuencia del grado de cobertura vegetal que la recubre, estas dunas han sufrido una homogenización de las pendientes de sus caras, sean de *stoss* o *lee*, mitigando su perfil característico. La potencia de estas formas, es difícil establecerla, ya que, en les partes más interiores estas se superponen a depósitos dunares pleistocénicos más antiguos.

Actualmente, en las partes aplanadas y abandonadas de la extracción de arena, se organizan áreas de formaciones embrionarias en torno a la nueva vegetación, tipo *shadow dunes* y *nebkhas*. Estas se forman a partir del sedimento que se moviliza desde la zona desestabilizada de dunas

móviles y semiestabilizadas.

Finalmente, desde un punto de vista dinámico y estructural de esta zona interna del sistema playa-duna de Cala Tirant, podemos resaltar una serie de características que las diferencian de las dunas actualmente más activas:

- a) Las dunas como forma simple presentan unas dimensiones mayores que las correspondientes a la zona más móvil que la precede. Esto tiene relación con haber estado sujetas a un mayor número de reactivaciones, dada su mayor antigüedad.
- b) El grado de cobertura vegetal es superior y las caras de *stoss* y *lee* no muestran diferencias tan notables en sus pendientes como en el caso de las móviles.
- c) En los taludes de la extracción se puede observar como estos depósitos en su parte más interna presentan un cierto grado de litificación del sedimento que se traduce en una tenue estratificación cruzada, típica de los depósitos eólicos.

Evaluación geoambiental del sistema playa-duna de cala Tirant

El análisis geomorfológico de este sistema litoral permite constatar como las actuaciones antrópicas sobre este espacio han tenido y tienen un papel importante en la configuración de los aspectos actuales. Desgraciadamente y en este caso, la actuación del hombre siempre ha sido a favor de la degradación general del conjunto dunar, por tanto son factores que no se pueden dejar de lado y hay que explicar su incidencia.

Seguidamente realizaremos una breve descripción de las actuaciones impactantes derivadas del hombre y que, de alguna forma, han dado lugar a alteraciones e interferencias de los actuales procesos eólicos y morfológicos:

- a) Actividades agrarias. Actualmente este tipo de actividad delimita el perímetro del área que ocupan las dunas holocenas; además, una considerable superficie del campo dunar ha sido roturada para desarrollar cultivos.
- b) Explotación forestal. No se observa que se haya producido una tala sistemática de la vegetación que pueda haber desprotegido las dunas. No obstante, la actividad extractiva y agrícola, lógicamente, han provocado una desestructuración en todas las comunidades

vegetales, en algunos casos, de forma irrecuperable (Rita *et al.*, 1988).

- c) Actividad extractiva. Han sido unas actuaciones importantes y decisorias en la actual realidad del sistema, ya que más de un 50 % de la superficie del campo dunar ya mermado por las actividades agrícolas, ha sido desmantelado y el otro 50 % desestructurado y desestabilizado.
- d) Los procesos de urbanización. En la zona que describimos se trata de procesos importantes; no obstante, su localización no incide de forma directa sobre la degradación del sistema, a no ser en la zona de la playa des Reclau.
- e) Actividades de ocio. La zona se encuentra colindante con uno de los centros turísticos más importantes de Menorca. Este hecho hace que la playa y todo su alrededor sea frecuentado por un sobredimensionado número de usuarios con finalidades recreativas y de ocio. Lógicamente, estos demandan servicios que normalmente se instalan sobre la playa y que no siempre lo hacen con los requerimientos técnicos y de localización adecuados, generando impactos difícilmente asimilables por los procesos de recuperación naturales del sistema.

Entre otros impactos que, normalmente, se generan en los sistemas playa-duna asociados por su proximidad a una explotación turística, uno de los más reiterados y trascendental consiste en la limpieza mecanizada y la retirada sistemática de las bermas vegetales de *Posidonia oceanica* de la playa. Tanto una como otra actividad, implica que, además de perder una fundamental defensa natural de la playa, ambas comportan una pérdida importantísima de sedimento, en unos sistemas donde la fuente de producción es muy limitada. Igualmente, incrementa el tránsito de maquinaria pesada que impacta gravemente sobre la vegetación y formas propias de la zona de *foredunes*.

Conclusiones

Para concluir, y en primer lugar, cabe comentar que el estado que presenta del conjunto del sistema hace difícil esclarecer con exactitud como se organizaba; no obstante, todo apunta que era, como sucede en sus homólogos en Baleares, en cordones paralelos a la línea de costa que se van deformando a medida que nos adentramos hacia el interior. Respecto a la dinámica de los procesos eólicos, cabe resaltar el control en la dirección y aceleración del viento a partir de la misma forma de embudo que presenta

la configuración de la cala. En cuanto a la parte sumergida del sistema, la situación batimétrica, entra dentro de los parámetros favorables para poder mantener una producción y una transferencia de sedimento suficiente para mantener el equilibrio de las zonas de playa-foredunes.

La forma de duna dominante es la parabólica con una media de elongación por debajo de la relación 1/3. Dado el estado actual, tan sólo se pueden identificar formas compuestas del tipo superpuesto, *superimposed*. En el conjunto del sistema, y a partir de los ejes centrales de las dunas, se manifiesta que la componente eólica más efectiva es la de norte.

En segundo lugar y en referencia al grado de dinamismo, este sistema presenta lo que hemos convenido en definir como una dinámica ralentizada (Servera, 1997), en respuesta y adaptación a las condiciones ambientales actuales. No obstante, al estar abierto a Tramuntana, muestra un grado de dinamismo más elevado que los sistemas de la isla abiertos a componentes meridionales. Este hecho ha incidido en la rapidez y la magnitud de los procesos y formas resultantes de las desestabilizaciones que el hombre ha provocado. Al hilo de lo anteriormente expuesto, cabe comentar que en los sistemas playa-duna que sufren una fuerte presión antrópica, los mecanismos naturales de recuperación son, en la mayoría de casos, infructuosos. Esto es así, por la sencilla razón de que los impactos se generan a un ritmo mucho más intenso que la velocidad con que culminan los procesos naturales de recuperación, entrando en una dinámica en espiral que puede acabar con la desaparición del sistema playa-duna.